

# コンクリート建造物内空気の偏苛性・偏酸性

著者	登石 健三, 見城 敏子, 石川 陸郎
雑誌名	保存科学
号	8
ページ	61-72
発行年	1972-03-10
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1440/00003243/">http://id.nii.ac.jp/1440/00003243/</a>



## コンクリート建造物内空気の偏苛性, 偏酸性

登石健三・見城敏子・石川陸郎

### 1. コンクリートによる偏苛性

建設後間もないコンクリート建物では, その壁体から空中へ苛性微粒子の放出があり, 空気はその影響で苛性に偏る\*。但し放出の機構とか空中における状態は全く掴めていないが, これらはむしろ建物内の文化財への影響という今の問題には直接関連は薄い。今大体分っているその性質を並べてみると,

- a. このコンクリートの影響すなわち屋内空気の偏苛性は時間と共に弱まるけれども, 数年間は美術品に有害な程度に続く。
- b. 空気の偏苛性は夏季高温時に強い。
- c. 粒子の実体は  $100 \text{ \AA}^{**}$  以下の極めて小さいもので, これら粒子は空中で殆んど気体の如く振舞う。
- d. 成分は粒子を集めて分析してみた結果ほとんどセメントと変りがない。
- e. 美術品材質への影響の最も顕著なのは, アマニ油 (油絵の主材) の硬化物に対してであり, これを褐色化し, 同時に脆化する。
- f. 絹は弱化され, 光沢を失う。
- g. 顔料・染料のうち変色させられるものがある。
- h. 毛髪湿度計の毛髪もこの影響で狂いが早くおこるようである。

などである。その他にも色々の影響があるらしいが, 未だ不確であるのでこの報告には含ませないでおく。

コンクリートから放出される苛性微粒子のほかに, 屋内空気を苛性にする蒸発物が塗料その他の建材から出ていることがあり, これもほとんどは新築或は改装に伴う。酸性の蒸発物もあり得るが, 殆んどの場合苛性である。但しその苛性は弱苛性であるかもしれず, 文化財材質に対する作用はさほどではないが, 次の第③の検出法には強苛性と同様にひっかかるというようなことも考えられぬでもない。

#### ○検出の便法

① 先に述べたアマニ油硬化物の黄褐化は極めて鋭敏で, 作りたてのコンクリート容器中の空中に吊して封じると, 1時間後にでも変色が始まっているのが認められる。硬化アマニ油粒を作るには径3mm程の環を針金の先に作り, この環をアマニ油中に漬けて, 環中にアマニ油が含まれた形で引き上げ, きれいな空中に放置すればほとんど着色のない固化物が得られる。しかしこの方法は固化に一ヶ月近いの日数を要するので, 数日で試験片を作り度い場合は濾紙にアマニ油を浸ませ, 更に両面から乾いた濾紙で圧して含まれた油の量を減らして先の如く固めてやるとよい。これを問題の建物中に吊してその黄褐化を見れば空中のアルカリの度合の見当がつく。数日で変色が認められるようではとても文化財の収容には適さないと考えてよいであろう。

\* Kenzo Toishi and Toshiko Kenjo: Alkaline material liberated into atmosphere from new concrete. Journal of paint Technology, 39 (1967), pp. 152—155.

\*\*  $\text{\AA}$  は1億分の1cm.

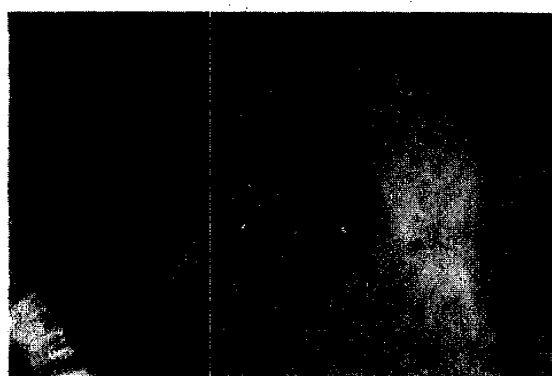


図-1



図-2

方法③による庫内空気のテスト右の装置がそれで、左は汚染分の捕集装置である。

② 硝酸銀の小粒を一つ、硝子の平板にでも乗せて屋内に一晩置いておくと、コンクリートからの苛性微粒子がある場合は独特の黒化が見られる。硝酸銀は光に当たると表面から黒化するので夜或は暗い場所の方がよい。しかし光による黒化は表面一様であり、アルカリ粒子による場合はルーペでやっと見られる程度ではあるが黒点が点々と出来るので区別がつく。これも一晩で黒点が出来る程であればとても建物は使用に適さない。硝酸銀は相対湿度80%近くで潮解をおこす（温度にも関係がありハッキリ80%ではない）が、潮解してべつついた場合でもこの黒点は同様に出来るので検出には差支ない。それどころかこの潮解がおこるようでは湿度の点でもこの建物は不合格であるので、その面のテストも同時に出来るというものである。

③\* 以上二つは全く「ためし」程度の検出法であるが第③の方法は一応数字として結果が出るので、只今のところ新築コンクリート建築の使用適否の判定はこれによっている。しかし問題の苛性微粒子の実体もその行動も正確に掴めてはいないのだから、この数字が物理的何如なる意味を持つ量であるかは説明出来ない。ただこの数字は空中のアルカリ量・酸量に或関連を持ち、これを判定の目安としてもよいことは経験上言えることなのである。

方法としては、50 ml の pH 5.5 の硫酸々性の蒸留水中を定まった方式で、30分間に約90%の割合で問題の空気を小気泡として通し、その結果の pH を測る。厳密には溶解は気温に影響されるであろうが、例えば炭酸ガス溶解の場合温度による差は溶解による全体の pH 変化の極一部であるにすぎない。この粒子につき上述のようなサクションを行なう場合は少々事態は異なるが、やはり温度による溶解の差は小さいものと考えられ、先を急ぐ為今一応これを無視する\*\*。

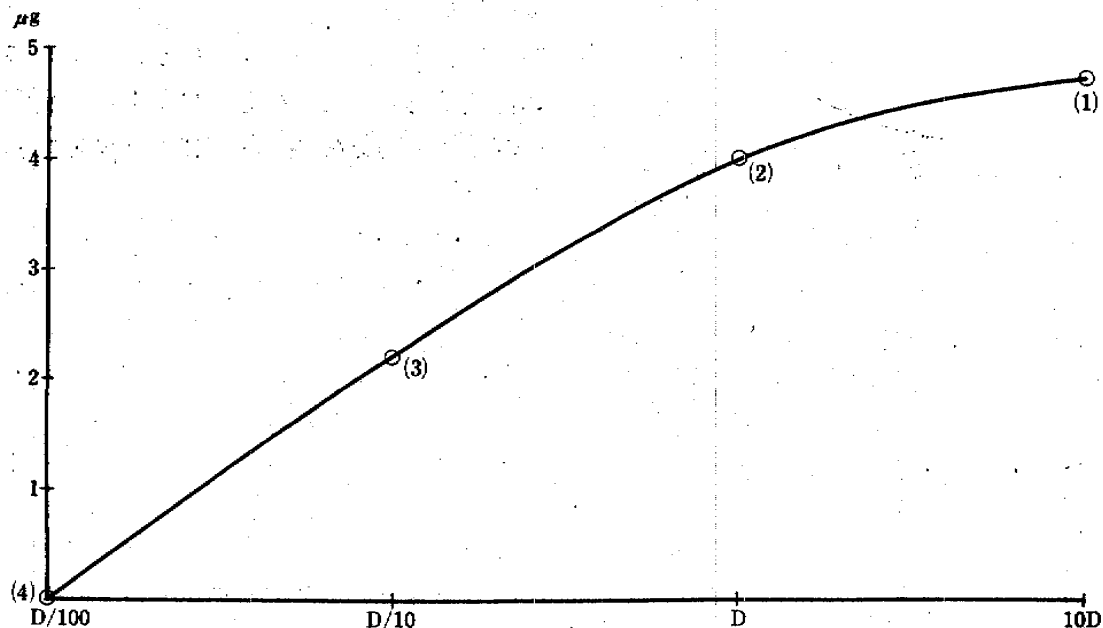
硬化アマニ油が実際にかかなり変色をおこす状態は pH 変化の終点が 6.0 以上くらい有的时候であり、終点が 5.6 乃至 5.7 程度なら始んど変色は認められない。従って終点値が 5.8 程度を限度として、これ以上に変化する場合は空気は悪いとせねばならないであろう。アマニ油は文化財の一つの材料であり、これが変化すれば既に状態は悪いのであるから。以下において偏苛性を表現する数字はすべてこの終値である。そしてこの数字は今直接空中濃度と結びつけず、硬化アマニ油劣化の経験から 5.8 あたりに境をおいて建物の枯れを判定する手段に用いることにしてしまった。実は pH 終値が幾らなら空中濃度は幾ら、そして空中濃度が幾らなら被害はどの程度ということ線を描くのが当然であると思われるが、この関係がまだハッキリしていない

\* Kenzo Toishi and Toshiko Kenjo: A simple method of measuring the alkalinity of air in new concrete buildings. studies in conservation, 13(1968), pp, 213—214.

\*\* 但しこのことは大切であり、これをテストする設備も出来たので当りのみはつけた。pH 終値が 6.0 となる空気は 15°C でも 23°C でも同じに測れる。

いのである。かりにこの方法で空中にあった微粒子が全部水中に移行したと仮定すれば、pH 終値6.0の場合  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  として空中には  $46.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ \* あったと計算出来るのであるが、とても空中の微粒子全部が気泡が水中を上る間に水に移行するとは考えられず、それどころか次の実験で分かるように空中濃度に比例して水中に溶け込むということも実際ではないのである。

或実際の建物中の空気についてこの測定を行ない pH 終値 6.2 を得た。この空気を清浄な空気で 1/10, 1/100, 1/1000 と薄めてゆき、同じ測定を行なったところ、pH 終値はそれぞれ 6.0, 5.7, 5.5 となった。これから 50ml の水中へ溶け込んだアルカリ量を  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  とみなして計算すると 4.7, 4.0, 2.2,  $0 \mu\text{g}$  となる。すなわちアルカリの空中濃度と実際に水中に溶け込む量とは全然比例関係にない。事柄を科学的に扱うなら此所で止めるべきであると思うが、文化財保護に関する緊急な必要から、この薄弱なデータを元に敢えて先に進んでみよう。後になってもっと精確な測定がなされ、多少の数量的な訂正がなされることが予想されるが、大体の傾向は今のデータでも見ることが可能と思われるからである。pH 終値が 6.0 と測られるときの空中のアルカリ濃度を D とする（但しこの D の値は今のところ分っていない）。10D, D, D/10, D/100 の濃度で水中に溶け込んだ量は上にのべたもので、これを片 log 方眼紙に書き込むと図—3 の (1), (2), (3), (4) 点となる。これらは曲線(1)-(2)-(3)-(4)上にあると仮定する（僅少の測定であまりきれいな曲線を出すことは科学的な扱い方に反するが）。pH 終値が 5.6, 5.8, 5.9,



図—3

6.1 となる場合は水中に溶け込むアルカリ量は  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  として、それぞれ 1.2, 2.9, 3.5,  $4.4 \mu\text{g}$  と計算されるから、この曲線から空中濃度はそれぞれ

$$\frac{3.3}{100} D, \frac{2.2}{10} D, \frac{4.8}{10} D, 2.5 D$$

(pH 終値) (5.6) (5.8) (5.9) (6.1)

であることが分る。

これらの値から測定した pH 終値と苛性粒子の空中濃度との関係を図示すると、図—4 の如くなる。かなりの無理を重ねて出した曲線であるので、事実との歪が含まれていることは覚悟せ

\*  $\mu\text{g}$  はミリグラムの 1/1000

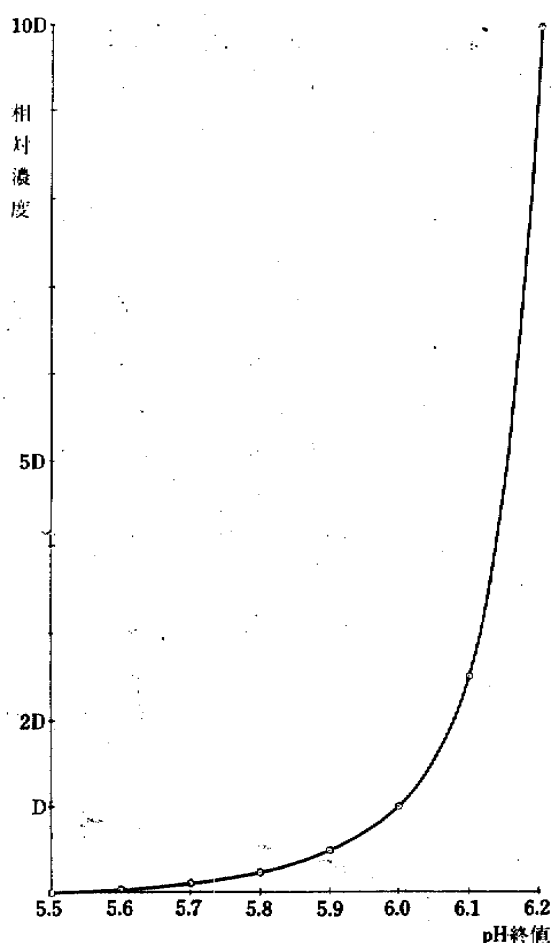


図-4

表-1

昭年月日	pH終値	東京月平均温度
43. 5. 6	6.2	17.2°C
6. 4	6.6	20.8
7.11	6.8	25.1
8.10	6.8	26.4
10.10	6.1	16.4
12.10	6.1	5.7
4日間開放		
12.14	5.5	
12.17	6.0	

とが分かる。先の仮定に反し温度により水への溶解の度が違うのではないかと当然考えられる。これを調べるには同じ汚れた空気を別の温度で③にかけてみればよいのであるが、一方温度を変えると空中での問題粒子にも変化がおこることが分っており、あまり簡単に考えることも出来ない。高温で粒子発生が多いことは①②など別の検出法で見てもほぼ間違のないことと思われる。

これからみて、又後に出す図-5からみて、この粒子がたまってゆくのは20~30日前からのものが主となっており、従って消耗の早さもそれに応じた中位のものである。すなわちたまっている苛性は何ヶ月前からのものの集積が大きくきいていることはなく、月々の平均気温と関連をとった先の見方は意味があることが分かる。

ねばならぬと思うが、概して終値6.0以上となると空中濃度は急に高くなるということには間違はないと考えられる。

#### 実験収蔵庫における測定

実際の寺院における収蔵庫はお寺の都合で何時開かれるか分らず、又状態が悪くなれば、換気もされなくてはならない。これに反して実験用に作った収蔵庫は通風の条件だけは一定にして時間経過をみる事が出来る。そのdimensionは大体2m立方で、壁厚や換気口の大きさなどすべて実際の1/2寸法の程度に作られている。そのコンクリート打ちは昭和42年12月31日であったが、その後の手直しや工事用雑物引払いなどに手間どり、測定を始めたのは43年5月6日からであった。

床面換気口は4個とも閉じ、壁面の上部にある換気口は開いたまま推移を見た。この状態では自由に通風は出来ないが、扉にも多少の隙間があるので、少しは換気がありまず実際収蔵庫の換気の悪い状態に匹敵するであろう。pH終値は次の如くであった。

昭和43年が表による月平均温度に合致していたかどうかは疑問であるが、以上の傾向は明らかに気温と偏苛性との関連を示している。すなわち空気が苛性に偏するのは高温時に大きく、7~8月が最高となっている。

12月14日にはその前4日間開放して内部空気を全く新しくして、先の③のtestを行ないpH5.5のまま変化がないことを確めた。その後3日経た状態では終値は6.0で図1で見ると開扉前の1/2.5濃度位に回復しているこ

この苛性物質の生成についてはまだ実態が分っていないが、水分の蒸発の如く気相と液相との間の平衡のようには考えられない\*。むしろコンクリート体内の状態に外気温などが関連して生成速度が定まると思われるが、月程度の比較的短い時間内では生成速度は **constant** としてよいであろう。消耗の方は炭酸ガスによる中和とか、換気による流出とか、或は粒子同志の集積による沈下とかがあるであろう。第③の過程はやや複雑な関係を与えると思われるが、実験的にこれは極めて小さいことが分っているので、全体として消耗は濃度に比例しておけるとしても大きなあやまちはあるまい。従って  $t$  を時間とし濃度を  $d(t)$  で表わすと

$$c - kd = d'$$

但し  $c, k$  は **const** 開扉して充分換気し、次に閉扉する時点をと  $t=0$  の点とすると、 $d(0)=0$  の条件でこの関係を満足する式は

$$d = \frac{C}{K}(e^{-kt} - 1) \quad (1)$$

である。終値 6.0 となる場合の濃度を先に  $D$  としたから、図-1 から

$$d_{6.0} = 2.5d_{6.1} = 2.5D$$

但し  $d_{6.1}$  とは③の測定法で終値が 6.1 と測れるときの空中濃度の意味  
又長時間おけば pH 終値は 6.1 に回復するのであるから(1)式で

$$d_{6.1} = \frac{C}{K}(-e^{-k \times \infty} - 1) = -\frac{C}{K}$$

$$\text{従って } \frac{C}{K} = -2.5D$$

同じく(1)式で  $t = 3$  (日) とすれば

$$d_{6.0} = -2.5D(e^{-k \times 3} - 1) \\ + 2.5(1 - e^{-3k})$$

$$0.4 = 1 - e^{-3k} \quad e^{-3k} = 0.6 \quad k = 0.17$$

$$(1) \text{式は} \quad d = 2.5D(1 - e^{0.17t})$$

横軸に時間(日)をとって、これを図にすれば図-5 の如くなる。

この増し方をみると 1 日では終局濃度の 0.16, 2 日では 0.29 程度である。この増し方はもっと苛性がおさまって pH 終値が 6.0 と測れる場合でも同様の答である。このとき一日毎に換気すれば図-1 から庫内の空気偏苛性測定で常に終値を 5.8 以下に保てるし、二日に一度の換気でも換気前に 5.8 をやや上廻る位の状態におさえることが出来る。但し通気がかなりあって猶

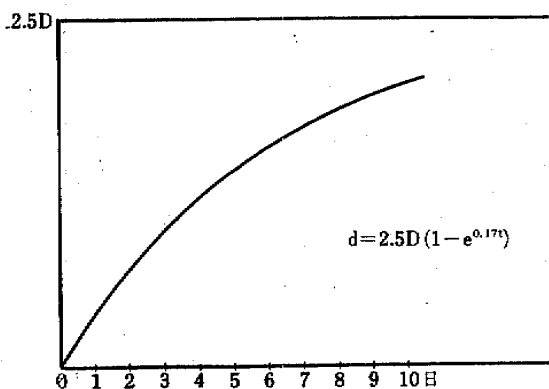


図-5

表-2

年 月	高山寺 (35.9)	大覚寺 (41.9)	妙蓮寺 (41.8)	知恩院 (41.3)	平等院 (40.5)
42. 11	5.8	5.7	6.1	6.3	6.3
43. 3	5.9	6.0	6.1	5.9	5.7
43. 8	6.0	6.2	6.0	5.8	5.9
43. 11	5.9	5.9	5.75	5.6	5.7
44. 2	5.7	5.8	5.6	5.8	5.6

( ) 内は竣工年月

\* 平衡で定まるとすれば温度に関連を持つだけで、時間と共に減少してゆくことは説明し難い。

pH終値が高いときは、先のKの値が大きく図-5曲線の立ち上りが早いので屋内の汚れ方も早く、もっと要心をせねばならない。

#### ○京都における5つの寺院収蔵庫における偏苛性の状況

各測定年月におけるpH変化の終値を表にまとめると表-2のとおりである。

以上のうち知恩院は測定開始時まで閉じられていたので、開始後次第に濃度が下り出したものと思われる。又此所は刺激性のガスが別にこもっていて測定値は単純なものではなくなっているようである。平等院は開扉されている機会が多く、測定値にあまり一貫した意味を読みとり難い。しかし大体の傾向として新しい収蔵庫は2年経てばかなり偏苛性は減少すること、夏季は一体に苛性が強くなること、3～4年以上経て苛性の発生がにぶった収蔵庫（高山寺）では経年による偏苛性の自然な減り方よりは、換気の仕方如何でpH終値はまちまちに変わり、換気を怠ると又危険な程度まで苛性に偏ることなどが一般的傾向として出ている。

表-3 鎌倉の二寺における偏苛性の状況  
pH終値は次の如くである

測定年月日	杉本寺 (42.6竣工)	青蓮寺 (42.2竣工)
42.11.24	6.4強	6.3
42.12.22	6.1	6.3
43.1.23	5.8	6.0
43.2.26	6.0	6.2
43.3.22	5.8	6.6
43.4.16	5.9	6.0
43.5.23	5.8	5.9
43.6.25	5.6	5.8
43.7.30	5.7	5.8
43.9.27	5.6	6.0
43.10.31	6.0	5.9
43.11.29	5.7	5.9
43.12.26	5.6	6.0
44.1.30	5.7	5.9

鎌倉の二寺は竣工後2年経っていないので、偏苛性については最も注意を要する場合である。青蓮寺は常に換気が少ない状態であるので、pH終値は一体に高い値が持続されている。但しその値は測定初期よりは幾らか減少している傾向は見られる。此の収蔵庫は仏壇がそのまま閉じられて収蔵される形式であるので信者の礼拝の関係から開扉すなわち通風があまり規則的でなく、暖い時期の方が風が通って却ってpH終値が低く出たりするのであろう。

杉本寺もやや相似た点があり、次第に偏苛性の減少は見られるが、時々やや高い値が出ている。これは高温時というのでもなく、ひ

とえに換気通風の無いときに高まるものであると推察出来る。

杉本寺収蔵庫を例にとり、竣工後二年経たない位の収蔵庫の一般的な注意事項をのべておく。測定を打ち切った44年1月末でまだこの収蔵庫は収蔵が行なわれていなかったが、竣工後二年ともなると、収蔵をせずに更に放置するというわけにはゆかないであろう。ところがこの状態では換気が悪ければ偏苛性は増しpH終値は6.0にもなる。しかし温度についての報告中に述べたように、換気口を開いた状態では一日で40%近くも相対湿度が変化することもあり得るので、開き放しというのも又収蔵品に危険である。結局この程度の枯れ方の期間は外気条件のよい折を見て手マメに換気し、夜間などどう変化するか分らぬような時間は閉じておくということにするより仕方ないであろう。青蓮寺では既に文化財を収納し、しかも換気があまり行なわれていないのでやや高い苛性がつづき、収蔵品の或物例えば染色された絹布などは徐々に傷んでいると思われる。ただ光による褪色の場合と同様に急に目立って変化するという事はないので、あまり気がつかぬだけであろうと思われる。

#### ○コンクリート建造物中の偏苛性による染料・顔料の変色

先の報告\* にこの偏苛性による硬化アミノ油の褐化、絹の弱化、藍・鉛丹・蜜陀僧の変色について述べた。今回の実験庫中にも色々の顔料・染料のサンプルを置いて、その変色を分光光

\* p1引用論文

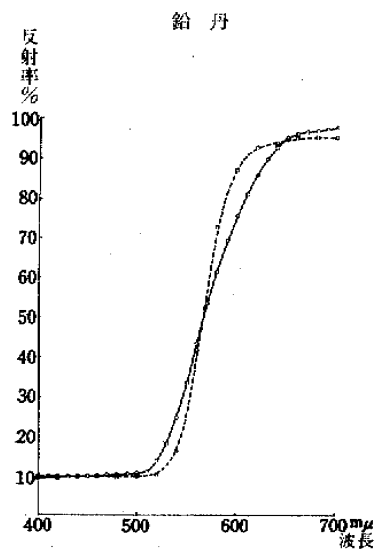


図-6

群青

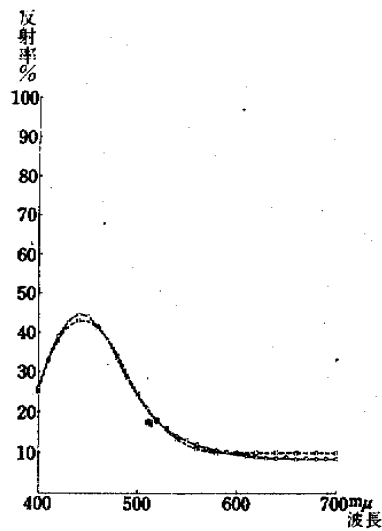


図-8

黄土

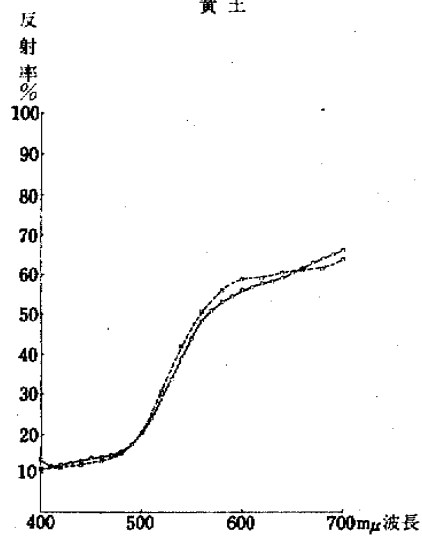


図-10

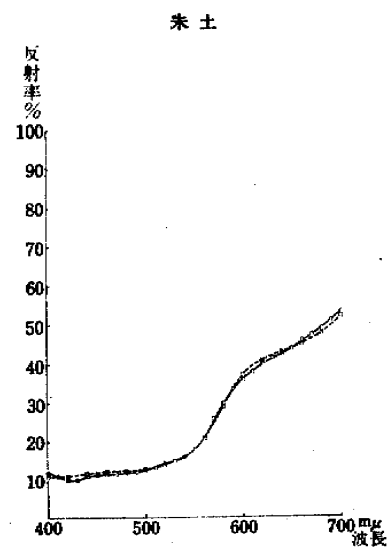


図-7

緑青

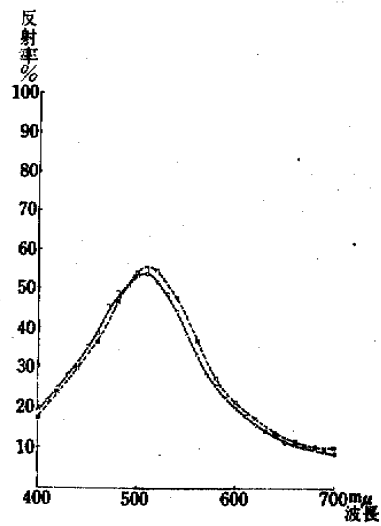


図-9

浅葱藍二染

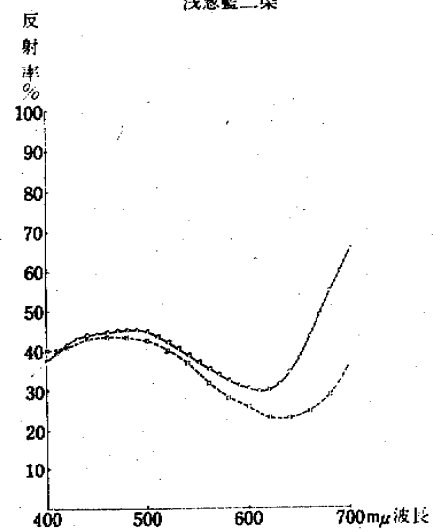


図-11



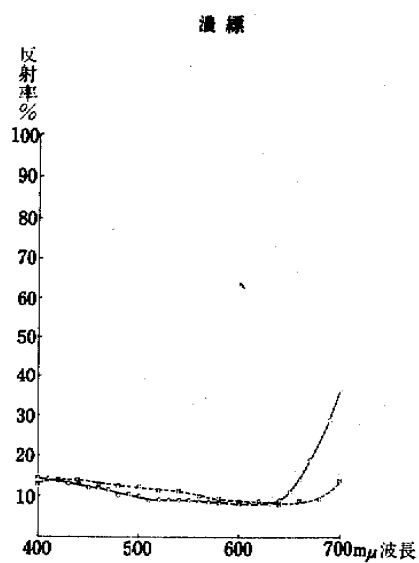


図-12

濃青三染

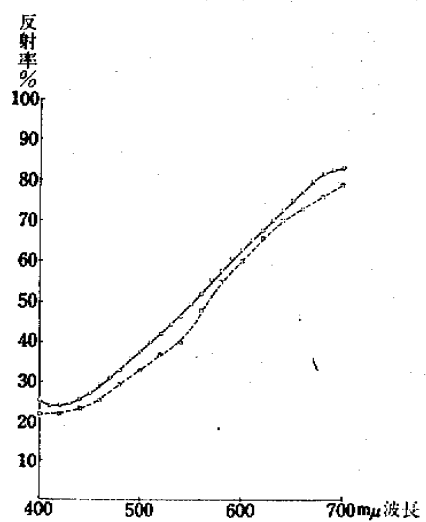


図-14

蘇芳三染

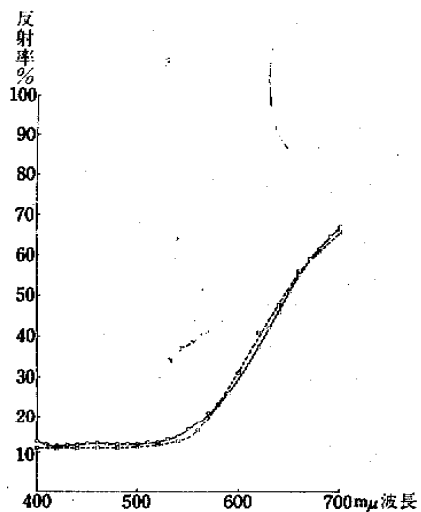


図-16

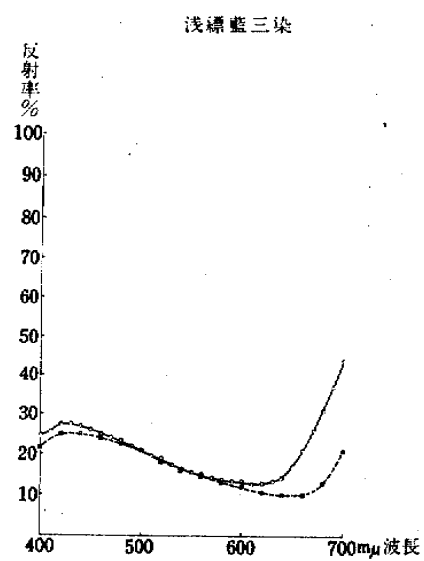


図-13

淡紅緋

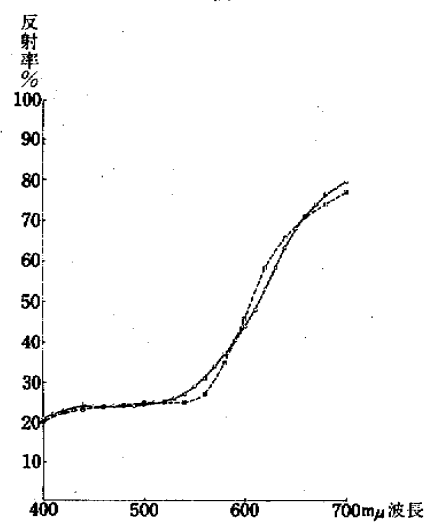


図-15

支子三染

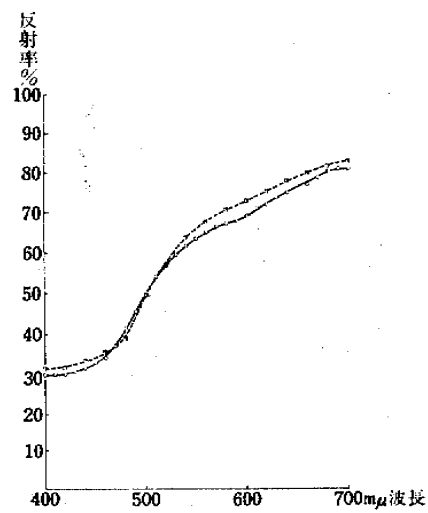


図-17

度計にて測定した。昭和43年4月8日より同8月3日まで庫内に設置、その後直に分光反射率を測定した結果を図-6から図-17までに示す。実線は設置前、点線が設置後の曲線である。鉛丹・藍の変色など必ずしも前回の曲線と一致しない部分も出て来たが、これは条件の相違によるものかもしれない。前回の方が偏苛性、湿度共に高かったと思われる。

顔料で明白な変化をうけたのは鉛丹で(図-6)、朱土はほとんど変化なく(図-7)、群青・緑青は極僅か(図-8, 図-9)、黄土は少し反射率曲線が変わったようである(図-10)。前に真空、空気、酸素、炭酸ガス中での顔料の変色を報告したが<sup>\*</sup>、これとの共通の関連のつくものは見当らない。やはり苛性による特殊な影響が存在すると思われる。

顔料に比べて染料は割合に影響が大きい。特に藍系のものが変化が大きく、浅葱藍二染(図-11)、濃縹(図-12)、浅縹藍三染(図-13)は明らかに変色しており、赤系の縹茜(図-14)、淡紅緋(図-15)も変えることは確かであるが、蘇芳三染では(図-16)その変化ははっきりしない。黄色の支子三染(図-17)も変化している。以上染料サンプルは絹を染めたものであり、絹は明らかに苛性雰囲気の影響を受けるから、これら変色は染料だけのものか、絹の劣化とからみ合った複雑なものかについては何とも言えない。とにかくこれらの染色された絹地は新コンクリート建物中で変化したということだけは確かで、染織品も新収蔵庫への収納には注意を必要とするということである。

#### ○保存科学部新館内における空気の偏苛性

当研究所に増設された新館は、昭和44年度工事で、すべてが完成したのは昭和45年5月であった。地上3階地下1階で、3階は芸能部、2階会議室及び地下機械室等を除けば他の殆どどの部屋は保存科学部が使うことになり、新築コンクリート建築として絶好の研究対象が得られることになった。しかし偏苛性については新庁舎における収護は予想していた程大きくない。それは庁舎であるため、収蔵庫のように材料が単純でないからである。収蔵庫なら材料としては大体コンクリートと内張りの木を考えればよい場合が多く、問題が簡単となり、コンクリートの影響がはっきりするのであるが、庁舎となると、塗料・床材調度品の雑多な材料、時としては壁の断熱材までも影響の原因に加わる。又人間も或時間入ることになり、炭酸ガスの逆影響がおこる。各々特殊なものが総合して全体の影響を作っているの、一般的な線を引き出すのに困難なのである。このような複雑さを示す一例として、或一室における特殊性につき述べる。但しこれも事実の報告だけで問題は少しも解けてはいない。この建物で一カ所だけ例外的に異臭の強い部屋がある。材料としてはコンクリート、ビニール塗料仕上の壁・天井とプラスチック張りの床で、同じ部屋は他にも幾らかあるが、一つだけ違うのはこの部屋に限り壁体内にスタイロフォーム断熱材が入っていることである。このために室内空気の異臭が強くなっているとすれば、コンクリートとスタイロフォームとの相乗作用でということになりそうであるが未だ何とも言えない。結果として別題でのべるような乾湿球湿度計の急劣化がおこった。しかし先にのべた pH 測定法でこの部屋の空気を調べてみるとここだけ異常に高いということもない。

	壁面モルタルの室	スタイロフォーム断熱壁室	通常居室
45. 6	6.4	6.5	
45.10			6.2
45.11	6.2	6.1	

又この部屋内の③法による pH 値は夏季上昇する。ところがこの部屋は独自の空調施設をも

<sup>\*</sup> 登石健三・見城敏子、岩絵具の褪色、古文化財の科学、17号(1963)、pp. 6—22.

ち年中一定の温度を保っているのである。これで見るとこの際出て来ている物質についても、壁温が濃度に影響を持っており、蒸発物の如く空気温度が濃度を定める現象は示さないことが分かる。

又別の特異性は収蔵室に於いても現われた。この部屋はベニヤ板で床を除く面を内張りし、その他木製の棚を備けたり木・紙・漆等を材料とする多少の収蔵品も入っていたが、③法による pH 終値は

45. 9. 17	5. 4
46. 11. 9	5. 5

でこの測定に対しては初期はむしろ酸性が勝っている。しかし空中で中和した残りの酸性が測定にかかっているのか、酸性物質と苛性物質とが空中に共存して（苛性物質は多くの特異性を示すので、この可能性がないとはいえない）いるのか、その際溶解のし方に差があるので量的に何方が多いのかなどについては今のところ全く分っていない。

③法とは別に以上のべた部屋で除湿機を用いたが、これで凝集される水分も同様な偏寄を示す。

壁面モルタルの室	スタイロフォーム断熱壁室	収蔵室
pH 値 8. 0 (45. 6. 2)	8. 0 (45. 6. 10)	5. 0 (45. 9. 17)

先に木張りの一般収蔵庫は割合に問題が簡単といったが、実は木の或物にも酸性要素が付随すると思われる節があり、この問題も今後に譲らねばならない。

## 2. 奈良博物館における正倉院展について

奈良博物館は明治年の建物で既に80年近く経っており大ていの材料は枯れ切っていると想像される。しかし乍ら昭45年9月4日館内で31.6°Cの高温の際行なった苛性テストではpH終値5.8位の値が得られた。このような高温ではいろいろな材料から蒸発する物質も多く、何が原因をなしているかも掘み難いが、この程度ではとにかく展示品に対して有害とは考えられない。その後正倉院展(10.24—11.8)の会期中に行なった調査では気温20°C前後で、この偏苛性は完全に消えている。10月29日開館前(8時50分)測定第1室のケース内で5.5翌朝も同じ値であった。しかしその間15時45分には5.3と低下し、閉館後17時10分の測定でもやはり5.3であった。この原因は入場者の呼吸による炭酸ガスの酸性であると解釈する以外にない。入場者は15時に最高となり、開館後積算4200人位、それ以後は次第に減少したが、ケース内の酸性は急には下らないのである。

## Résumé

Kenzo TOISHI, Toshiko KENJO, Rikuo ISHIKAWA : Alkalinity and Acidity of Air Within Concrete Buildings

## I Alkalinity caused by concrete

Air within a new concrete building tends for alkalinity due to alkaline particles discharged from the wall. There are many points yet unknown about the conditions of these particles and the manner how they are discharged, but at least the following are known.

(a) This alkalinity decreases with the passage of time, but continues for a few years to be active enough to do harm to art objects.

(b) The alkalinity is strong when atmospheric temperature is high.

(c) The particles are less than  $100 \text{ \AA}$  in diameter and act almost like vapor.

(d) Their components are approximately similar to those of cement.

(e) They tarnish hardened linseed oil brown and cause it to be fragile.

(f) They weaken silk and mar its gloss.

(g) Some pigments and dye stuffs are discolored by them.

(h) They seem to cause failure of a hair hygrometer. Most new construction materials also discharge vapors which mostly give alkalinity to air, but some give acidity.

## II Methods of detection

(1) Linseed oil may be hardened by lifting a small amount of it on a small hoop of wire of a noble metal and leaving it in air. It however can be put to test more quickly by hardening a small amount contained in filter paper. Alkalinity of atmosphere can be judged from the degree of discoloration which takes place on the hardened substance suspended in air.

(2) Silver nitrate placed in alkaline atmosphere generates dark spots on the surface.

(3) We let 90 liters of interior air pass in 30 minutes, in the state of minute bubbles, through  $50 \text{ cm}^3$  of distilled water which is so adjusted with sulphuric acid as to have the pH value of pH 5.5. The degree of alkalinity of air is judged by the resulting pH value of water. When the resultant value is within 5.7 or so, it is regarded as tolerable, for at this value the test method (1) does not produce discoloration.

So far we have not been able to determine the absolute concentration of alkali in interior air, but studied the relationship between the pH value obtained from the method (3) and the relative concentration of alkali. The calculations however include considerably strained interpretation and may perhaps need some modification in future. By our calculation the concentration becomes very high when the final pH value rises

above 6.0.

We built a model repository for experiment. We examined relation between temperature of exterior air and final pH value of interior air obtained by the method (3), and found that the concentration of alkalinity rises at high temperature. We also measured accumulation of alkalinity under fixed ventilation conditions, and obtained a curve which indicates how the concentration of alkalinity in the repository increases with the passage of time. The curve of course varies according to the conditions of natural ventilation, but we found that when natural ventilation is relatively limited and when the final pH value reads at about 6.0 or so, the repository can be used, without fear of damage on the art objects housed in it, by giving it compulsory ventilation one time in every one or two days.

The final pH values measured in the already existing seven repositories show that they tend to decrease with the passage of time and tend to increase in the summer season. They suggest also that frequent ventilation is important for several years after construction; they disclose that bad conditions develop when this is neglected.

We kept in the model repository, for about four months, samples of silk cloth and paper stained respectively with dye stuffs and pigments, and determined the indices of spectral reflection before and after the term. Results about twelve samples are given here.

In our new Laboratory building the accompanying conditions were too complicated in regard to its building materials and air control. We were not able to obtain clear results, but it has been made known that building materials other than concrete also exert considerable influence on the alkaline or acid trend of interior air.

We also measured pH values of interior air in the 80-year old Nara National Museum at times of exhibitions which attracted large audience. The final pH values determined by the method (3) were smaller than 5.5 due to influence of carbon dioxide given forth by respiration of visitors.